

УДК 331.628

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ШУМА ПРИ ОБКАТКЕ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

канд. техн. наук, доц. В.Г. АНДРУШ; канд. техн. наук, доц. Т.П. КОТ; А.К. ЕВТУХ
(Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск)

Рассматривается повышенный уровень шума как один из наиболее опасных и вредных производственных факторов для операторов обкаточно-испытательных станций. Проведенные исследования показали, что при стендовой обкатке автотракторных двигателей ЯМЗ-238, Д260 и Д243 в условиях мотороремонтного завода наибольший уровень шума создает двигатель ЯМЗ-238. Превышение приходится на средние и высокие частоты, что приводит к значительной усталости работника и, как следствие, к снижению его работоспособности и внимательности, повышая тем самым риск несчастного случая или развития профессионального заболевания.

Ключевые слова: автотракторные двигатели обкатка, вредные производственные факторы, шум, повышенный уровень, работоспособность, риск.

Введение. Обкатка и испытание двигателей внутреннего сгорания (ДВС) сопровождается комплексным воздействием опасных и вредных производственных факторов как на окружающую природную среду, так и на операторов испытательных станций. Функции оператора при испытании ДВС сводятся к управлению, контролю протекания приработки, выявлению и устранению характерных неисправностей, регулировке основных технико-экономических характеристик двигателя. Продолжительность постоянного присутствия оператора на участке обкатки и испытания двигателей зависит от используемого оборудования, существующих систем управления и контроля, качества ремонта, степени автоматизации обкатки и других факторов, неблагоприятно отражается на его безопасности и здоровье.

Проведенные рядом авторов исследования функционального состояния операторов, занятых на обкатке дизельных автотракторных двигателей, показали, что к концу смены у них на 25% увеличивается время скрытого периода двигательной реакции (на свет и звук), снижается сила (до 9,2%) и выносливость к статическому усилию (до 29%), увеличивается число ошибок [1].

Социологическое исследование по выявлению степени удовлетворенности условиями труда, выявлению наиболее опасных и вредных производственных факторов, влияющих на операторов испытательных станций, свидетельствуют о том, что из отдельных факторов условий труда, как наиболее неблагоприятных при проведении испытаний, более половины операторов (52,5%) указали на сильный шум, 35,6% на загазованность [1].

В результате исследований выделены основные опасные и вредные производственные факторы в рабочей зоне стенда, представленные в таблице 1.

Таблица 1. – Ранжирование опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы		Ранжирование
1	Повышенный уровень шума	1,0
2	Загазованность воздуха в рабочей зоне	0,8
3	Попадание на кожу топливо-смазочных материалов	0,7
4	Повышенный уровень вибрации	0,6
5	Избытки тепловых излучений	0,5
6	Недостаточная освещенность	0,1
7	Пожаро- и взрывоопасность	0,09
8	Подвижные части оборудования	0,07
9	Опасность поражения электрическим током	0,05
10	Динамические физические перегрузки	–
11	Нервно-психические перегрузки	–

Основная часть. При обкатке двигателей внутреннего сгорания операторы подвергаются воздействию интенсивного шума, основными источниками которого в поршневых двигателях являются процесс сгорания топлива в цилиндрах, рабочие динамические процессы в механизмах и системах, процессы газообмена [2].

В процессе экспериментальных исследований шума и вибрации обкатываемого на испытательном стенде двигателя определялись: основные источники шумообразования на холостом ходу; влияние ре-

жимов и видов обкатки на измерение спектров шума и вибрации; звукоизолирующая эффективность ограждений [3].

Характеристиками источников постоянного шума в соответствии с ГОСТ 12.1.003-2010 являются:

1) уровень звуковой мощности, дБА:

$$L_{WA} = \bar{L}_A + 10 \lg \frac{S}{s_0}, \quad (1)$$

где \bar{L}_A – средний уровень звука на измерительной поверхности, дБА; S – площадь измерительной поверхности, м²; $s_0 = 1$ м²;

2) уровень звуковой мощности в октавных полосах частот, дБА:

$$L_W = \bar{L} + 10 \lg \frac{S}{s_0}, \quad (2)$$

где \bar{L} – средний уровень звукового давления в полосе частот, дБА;

3) средний уровень звукового давления в контрольных точках в дБА:

$$\bar{L}_A = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{Ai} - 10 \lg n}, \quad (3)$$

L_{Ai} – i -тый из усредняемых уровней звука, дБА; $i = 1, 2, 3, \dots$; n – число контрольных точек;

4) средний общий уровень звукового давления в контрольных точках находится по формуле (3);

5) средний уровень звукового давления в октавных полосах частот: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц, в контрольных точках, дБ, находится по формуле, аналогичной (3).

Если разница между наибольшим и наименьшим уровнями не превышает 5 дБА, то среднее значение уровня равно среднему арифметическому значению всех уровней, вычисляемому по формуле

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i. \quad (4)$$

Для источников непостоянного шума устанавливаются следующие акустические характеристики (ГОСТ 12.1.003-2010):

- эквивалентный скорректированный уровень звуковой мощности, дБА:

$$\tilde{L}_{WA} = \tilde{L}_A + 10 \lg \frac{S}{s_0}, \quad (5)$$

где \tilde{L}_A – эквивалентный (по энергии) уровень звука, дБА, находится по формуле:

$$\tilde{L}_A = 10 \lg \frac{1}{t} \int_0^t \left[\frac{P_A(t)}{P_0} \right] dt = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{Ai} - \Delta L_{Ai})}, \quad (6)$$

где $P_A(t)$ – текущее значение среднего квадратического звукового давления с учетом коррекции «А» шумомера, Па; t – время воздействия шума, ч.

Средний эквивалентный уровень звука в контрольных точках \bar{L}_A , дБА, вычисляется по формуле, аналогичной (3).

Средний эквивалентный уровень звукового давления в контрольных точках \tilde{L}_A , дБ, вычисляется по формуле, аналогичной (6).

Для рабочих мест с постоянным шумом устанавливаются следующие шумовые характеристики:

1) уровни звукового давления, дБА, в октавных полосах частот:

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (7)$$

где P – среднее квадратическое значение звукового давления, Па; P_0 – опорное значение звукового давления, равное 20 мкПа;

2) уровни звука, дБА:

$$L_A = 20 \lg \frac{P_A}{P_0}, \quad (8)$$

где P_A – среднее квадратическое значение звукового давления с учетом корректировки «А» шумомера, Па;

3) общий уровень звукового давления L_{lin} , дБА.

Характеристиками непостоянного шума на рабочих местах являются:

- эквивалентный уровень звука \tilde{L}_A , дБА;
- эквивалентный общий уровень звукового давления \tilde{L}_{lin} , дБА;
- максимальный уровень звука L_{Amax} , дБА;
- максимальный общий уровень звукового давления \tilde{L}_{linmax} .

Уровни звукового давления измеряются в восьми точках на измерительной поверхности (рисунок 1).

Площадь измерительной поверхности в виде прямоугольного параллелепипеда определяли по формуле:

$$S = 4(a \cdot h + b \cdot c + a \cdot c) \cdot \left(\frac{a + b + c}{a + b + c + 2d} \right), \quad (9)$$

где $a = 0,5 \cdot l_1 + d$; $b = 0,5 \cdot l_2 + cl$; $c = l_3 + d$.

Здесь l_1, l_2, l_3 – соответственно длина, ширина и высота стенда обкатки, м; $d = 1$ м – измерительное расстояние.

Точки 1...4 расположены на высоте h_1 (которая не меньше 0,15 м), а точки 5...8 – на высоте h_2 (которая не превышает высоты над звукоотражающей плоскостью):

$$h_1 = 0,25(b + c - d); \quad (10)$$

$$h_2 = 0,75(b + c - d); \quad (11)$$

$$h_1 = 0,5(b + c - d). \quad (12)$$

S – площадь измерительной поверхности;

1–8 – точки измерений;

l_1, l_2, l_3 – основные габаритные размеры стенда с обкатываемым двигателем;

a, b, c – размеры измерительной поверхности;

h_1, h_2 – высота расположения точек

мер 1-го класса ОКТАВА-110А. Измерения проводились при температуре, магнитных и электрических полях, допускаемых изготовителями аппаратуры. До и после измерений на одной или нескольких частотах диапазона выполнялась акустическая калибровка шумомера.

Перед началом исследований проверялось соответствие условиям измерений. Размеры помещения были достаточны, чтобы разместить в центре обкаточно-испытательный стенд с двигателем и вокруг него на выбранной измерительной поверхности точки измерений.

При измерении шума микрофон устанавливался на высоте 0,5 м от уровня пола. В каждой точке проводилось 3 измерения по 30 секунд каждое.

Средний уровень звукового давления в октавных полосах частот на измерительной поверхности вычисляли по формуле:

$$\bar{L} = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right) - K, \quad (13)$$

где L_i – уровень звукового давления в полосе частот, дБА, в i -той точке измерения; K – постоянная, учитывающая влияние отраженного звука в полосе частот, дБА.

За результат измерения для оценки акустических характеристик и источников шума принимались значение уровней звука и звукового давления, полученные в контрольных точках.

С целью оценки уровня шума проводились исследования на участке испытания Слонимского мотороремонтного завода с боксовой системой расположения обкаточно-испытательных стендов.

Измерения проводились при обкатке двигателей ЯМЗ-238, Д260 и Д243.

Средний уровень звукового давления L'_p , дБА, в частотной полосе при работающем источнике шума рассчитывали по формуле:

$$L'_p = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1 L'_{pi}} \right) - K, \quad (14)$$

где L'_p – уровень звукового давления, измеренный в i -той точке измерения, дБА; N – число точек.

Средний на измерительной поверхности уровень звукового давления в частотной полосе рассчитывался с учетом коррекции на фоновый шум и акустические условия окружающей среды, результаты значений округлялись до ближайшего значения, кратного 0,5 дБ.

Первоначально измерения проводились для двигателя Д-243 у пульта управления стендом, находящимся за пределами бокса, а затем внутри бокса около двигателя, результаты представлены на рисунке 2.



- 1 – уровень шума около двигателя;
2 – уровень шума у пульта управления;
3 – допустимый уровень шума

Рисунок 2. – Измеренные уровни шума для двигателя Д-243

Измеренные значения в среднеоктавных интервалах частот на режимах горячей обкатки под нагрузкой показали, что наибольшее превышение уровней шума приходится на средние и высокие частоты. Среднеоктавный уровень шума у пульта превышает на 8 дБ предельно допустимые значения, а при измерениях непосредственно в боксе около обкатываемого двигателя уровень шума превышает эти значения на 21 дБ. Так же проводили измерение уровня шума в боксе на режимах горячей обкатки под нагрузкой для двигателей ЯМЗ-238, Д-260 (рисунок 3).



- 1 – двигатель ЯМЗ-238; 2 – двигатель Д-260;
3 – допустимый уровень шума

Рисунок 3. – Уровни шума в боксе при обкатке автотракторных дизелей

Заключение. Наибольший уровень шума создает двигатель ЯМЗ-238, превышение приходится на средние и высокие частоты. Среднеоктавный уровень шума для двигателя ЯМЗ-238 составляет 109 дБ, что на 29 дБ превышает допустимые уровни шума. Уровни шума для двигателя ЯМЗ-238 превышают

предельно допустимые значения в 8 октавах из 9. Величины превышений составляют от 7 до 29 дБ, при этом максимальные величины превышений, составляющие 28...29 дБ, наблюдаются для высокочастотной части спектра 4000...8000 Гц. Это приводит к значительной усталости работника и, как следствие, к снижению его работоспособности и внимательности, что, в свою очередь, повышает риск несчастного случая или развития профессионального заболевания.

Наибольшее распространение шума приходится в направлении пульта управления и в направлении двери, через которую двигатель подается в бокс обкатки. В момент обкатки двигателя среднеоктавный уровень шума в боксе непосредственно вблизи обкатываемого двигателя составлял 105 дБ, а уровень шума у пульта – 98 дБ.

Таким образом, можно констатировать, что звукоизолирующая способность ограждающих конструкций бокса не обеспечивает защиту оператора от воздействия повышенного уровня шума, следовательно, требуется ее модернизация или сокращение продолжительности нахождения оператора у работающего двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андруш, В.Г. Подходы к выбору методики измерения уровня шума при стендовой обкатке ДВС / В.Г. Андруш, А.К. Евтух // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 26–27 марта 2015 г. / БГАТУ ; ред.: В.Я. Груданов [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2015. – С. 196–199.
2. Гедроить, Г.И. Снижение шума тракторов / Г.И. Гедроить, А.Ф. Безручко // Агропанорама. – 2016. – № 6. – С. 2–4.
3. Насибулина, Б.М. Опасности производственной среды и способы защиты от них : учеб. пособие / Б.М. Насибулина, Е.Г. Локтионова, Т.Ф. Курочкина. – М. : КНОРУС, 2016. – 174 с.

Поступила 12.07.2017

NOISE LEVEL STUDY DURING RUNNING OF MOTOR AND TRACTOR ENGINES

V. ANDRUSH, T. KOT, A. EVTUKH

An increased noise level is considered as one of the most dangerous and harmful production factors for the operators of the rolling-testing stations. The carried out researches have shown that at bench run-in of automotive tractor engines YaMZ-238, D260 and D243 in conditions of engine repair plant, the YaMZ-238 engine generates the greatest noise level. The excess comes at medium and high frequencies, which leads to considerable fatigue of the employee and, as a consequence, to a decrease in his efficiency and attention, thereby increasing the risk of an accident or the development of occupational disease.

Keywords: *automotive engines running, harmful occupational factors, noise, increased level of performance, risk.*